

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и цифровизации
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет»

канд. техн. наук,

А.А.Даниленко

2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (СИБСТРИН)», г. Новосибирск
на диссертацию Галютдинова Дауда Рашидовича
на тему «Прочность и деформативность железобетонных балок с распором при кратковременном динамическом нагружении на податливых опорах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. – «Строительные конструкции, здания и сооружения»

Актуальность темы диссертации.

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам расчета и конструирования железобетонных конструкций, подверженных воздействию кратковременных динамических нагрузок большой интенсивности, возникающих вследствие взрывного горения газо-паро или пылевоздушных горючих смесей либо взрыва конденсированных взрывчатых веществ.

Вследствие относительно редкого возникновения взрывных нагрузок данного вида, как правило, при проектировании используются полные запасы прочности конструкций, при этом допускается их кратковременное деформирование в стадии больших пластических деформаций. При этом для обеспечения взрывостойкости сооружений проектировщики идут по пути повышения динамической несущей способности конструкций. Используются монолитный и сборно-монолитный железобетон, высокопрочные бетон и арматура, косвенное армирование бетона для повышения его предельных деформаций. Вместе с тем повышение взрывостойкости сооружений может быть обеспечено за счет снижения эффекта динамического воздействия нагрузки на конструкцию. Одним из способов снижения эффекта динамической нагрузки может быть применение податливых опор. Применение податливых опор в конструкциях с учетом реакции распора представляется особо целесообразным и эффективным при кратковременном динамическом нагружении.

Деформирование железобетонных конструкций с ограничением горизонтального смещения на опорах приводит к возникновению реакции распора, что способствует менее пластичной работе конструкции.

В нормативных документах по расчету защитных сооружений гражданской обороны и взрывоопасных производств отсутствуют предложения по расчету железобетонных конструкций с учетом реакции распора и вертикальной податливости на опорах, что вызвано практически полным отсутствием специальных исследований по данной проблеме.

Учитывая изложенное, диссертационная работа Галяутдинова Дауда Рашидовича, направленная на изучение прочности и деформативности железобетонных балок с распором на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении, является актуальной.

Цели и задачи работы.

Целью рассматриваемой диссертационной работы является разработка и экспериментальная проверка метода расчета по прочности железобетонных балочных конструкций с распором на податливых опорах при кратковременном динамическом воздействии.

Для достижения поставленной цели соискателем были решены следующие задачи:

- на основе анализа собственных экспериментальных исследований и других ученых получены диаграммы сопротивления податливых опорных устройств;
- разработана программа и проведены экспериментальные исследования прочности и деформативности железобетонных балочных конструкций при поперечном кратковременном динамическом нагружении с учетом ограничения горизонтального смещения на опорах, а также стадий деформирования опор, при их вертикальной податливости;
- разработан аналитический метод динамического расчета железобетонных балок с распором в условно упругой и пластической стадиях с учетом деформирования податливых опор в упругой стадии, упругопластической и стадии отвердения;
- на основе численного эксперимента выполнен анализ влияния на прочность и деформативность балочных конструкций с распором по нормальным сечениям при кратковременном динамическом нагружении следующих факторов: вертикальной податливости опор при разных стадиях их деформирования: упругой,

упругопластической и отвердения; величины горизонтальной податливости конструкции на опорах.

- дана оценка эффективности применения податливых опорных устройств для изгибаемых железобетонных балочных конструкций с распором при кратковременном динамическом воздействии.

Содержание диссертации и особенности исследований.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы 221 страница машинописного текста, в том числе 104 рисунка и 6 таблиц. Список литературы содержит 143 наименования, в том числе 29 зарубежных источника.

Во введении автор обосновывает тему, формулирует цель и задачи диссертационной работы, раскрывает научную новизну и практическую значимость полученных результатов.

В первой главе автором выполнены обзор, систематизация и анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований динамического деформирования изгибаемых железобетонных конструкций с учетом реакции распора, податливых опор и конструкций на податливых опорах. Значительное внимание уделено формулированию предельных состояний при расчете железобетонных конструкций на кратковременные динамические воздействия и способам их нормирования. Дается анализ прочностных и деформативных свойств бетона и арматуры при интенсивном динамическом нагружении.

Рассмотрены способы повышения взрывостойкости железобетонных конструкций. Установлено, что наиболее перспективным направлением в повышении взрывобезопасности сооружений является применение податливых опор, которые воспринимают существенную часть энергии взрывного воздействия, разгружая несущие конструкции.

В сооружениях, расчетной нагрузкой для которых является кратковременная динамическая, несущие изгибаемые конструкции часто проектируют по неразрезной схеме. При этом имеет место ограничение горизонтального смещения ригелей на опорах, что при их деформировании приводит к возникновению реакции распора.

В результате выполненного анализа диссертант делает обоснованный вывод, что исследований прочности и деформативности изгибаемых конструкций с распором при кратковременном динамическом нагружении недостаточно, а вопросы совместного влияния реакции распора и вертикальной податливости конструкций на опорах на их напряженно-деформированное состояние не рассматривались.

Вторая глава посвящена экспериментальному исследованию податливых опор в виде вставок кольцевого сечения и железобетонных балок с ограничением горизонтального смещения на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении. Испытания податливых опор и опытных конструкций производились на разработанном соискателем оборудовании, оригинальность которого подтверждена патентами РФ и ЕАПО.

Автором было испытано 25 металлических вставок кольцевого профиля разной жесткости при кратковременном динамическом нагружении. Получены диаграммы сопротивления и установлены три характерные стадии динамического деформирования податливых опор (упругая, пластическая и стадия отвердения). Впервые экспериментально установлено, что при динамическом нагружении имеются качественные и количественные отличия параметров диаграммы деформирования по сравнению с параметрами статического сопротивления опор. В начале пластической стадии динамического деформирования, в пределах 30...50% от общей пластической деформации опор, их жесткость превышает статическое значение в 7...9 раз. Диссертантом предложено определять жесткость податливых опор на основе полученных экспериментально диаграмм сопротивления.

Исследование прочности и деформативности железобетонных балок с ограничением горизонтального смещения на вертикальных податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении проводились на 14 конструкциях. Изучалась их работа в пластической стадии на податливых опорах, деформирующихся в пластической стадии и стадии отвердения. Ограничение горизонтального смещения конструкций на опорах производилось при помощи оборудования, состоящего из двух торцевых траверс, соединенных между собой двумя тяжами. Траверсы упирались в торцы балок через каток и пластину с фрезерованным под каток пазом в уровне геометрического центра тяжести растянутой арматуры.

Экспериментально соискателем получены новые научные данные, качественно и количественно характеризующие особенности динамического деформирования, трещинообразования и разрушения балок с распором в зависимости от стадии работы податливых опор. Установлено, что при динамическом деформировании конструкций с распором в пластической стадии при упругопластическом деформировании податливых опор имело место снижение перемещений балок до 30% в сравнении с образцами с распором на жестких опорах. При динамическом деформировании балок с распором в пластической стадии при упругопластическом деформировании податливых опор с отвердением установлено снижение перемещений до 81% относительно

конструкций на жестких опорах. Более ранний переход податливой опоры в стадию отверждения приводит к увеличению перемещений балок в 2,6 раза.

В третьей главе изложен численно-аналитический метод динамического расчета прочности и деформативности железобетонных балок с ограничением горизонтального смещения на вертикальных податливых опорах. Деформирование податливых опор рассматривается в упругой стадии, пластической и стадии отверждения. Дифференциальные уравнения движения балки с распором на податливых опорах в условно упругой и пластической стадиях получены на основе принципа возможных перемещений. Для реализации метода расчета разработан алгоритм и программа. Метода расчета позволяет определять внутренние усилия, перемещения балок и податливых опор с учетом жесткости конструкции препятствующей горизонтальному смещению балки на опорах и изменения жесткости податливой опоры в процессе динамического деформирования.

Соискателем дана оценка достоверности результатов расчета, выполненная на основе предложенного метода. Проведенный сопоставительный анализ результатов расчета с опытными данными, а также с результатами расчета по методу Попова Н.Н. для балок с распором на податливых опорах показал их удовлетворительное соответствие.

В четвертой главе представлены результаты численных исследований балок с распором на податливых и жестких опорах при кратковременном динамическом нагружении на основе разработанного метода расчета.

В соответствии с требованиями нормативных документов расчеты на кратковременные динамические нагрузки от взрывных волн сводятся к расчету железобетонных конструкций на эквивалентные статические нагрузки. Для выполнения данных расчетов необходимо иметь значения коэффициентов динамичности, которые можно получить из динамического расчета. Учитывая данное обстоятельство, соискатель выполнил анализ изменяя коэффициентов динамичности для железобетонных балок с распором в условно упругой и пластической стадиях деформирования при разных условиях деформирования податливых опор (упругая стадия, пластическая и стадия отверждения). Установлено, коэффициент динамичности зависит от многих факторов: стадии работы балки (условно упругая, пластическая); податливости конструкций, ограничивающих смещение балки на опорах в горизонтальном направлении; от времени перехода податливой опоры из упругой стадии в пластическую и стадию отверждения; соотношения жесткости конструкции и податливых опор. Диссертант провел анализ влияния данных факторов на коэффициент динамичности в широком диапазоне частотно-временного параметра ($\omega\theta$, $\omega\theta_1$)

для основных расчетных законов изменения кратковременной динамической нагрузки во времени.

Установлено, что применение податливых опор в конструкциях с распором в условно упругой стадии деформирования приводит к значительному снижению коэффициента динамичности по сравнению с балками без распора на податливых опорах и балками с распором на несмещаемых опорах. Данное уменьшение коэффициента динамичности составляет от 33% при деформировании податливых опор в упругопластической стадии с отвердением и до 97% при деформировании опор в упругопластической стадии.

При пластическом деформировании железобетонных балок с распором на податливых опорах подбор времени перехода конструкции в пластическую стадию позволяет снизить коэффициент динамичности балок в зависимости от горизонтальной податливости конструкции и жесткости податливых опор от 15 до 90%.

В приложениях к диссертации представлены документы, подтверждающие внедрение результатов диссертационной работы; патенты на изобретения и полезные модели; пример расчета железобетонной балки с распором на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении.

Выводы по диссертационной работе обоснованы и отражают сущность полученных результатов.

Научная новизна работы:

- экспериментально получены функции сопротивления податливых опор в виде цилиндрических вставок кольцевого профиля, позволяющие аналитически определить их жесткость для каждой стадии динамического деформирования (упругая, упругопластическая, отвердения);
- впервые получены и систематизированы экспериментальные данные о влиянии вертикальной податливости на прочность и деформативность железобетонных балок с ограничением горизонтального смещения на опорах по нормальным сечениям при кратковременном динамическом нагружении;
- разработан аналитический метод динамического расчета железобетонных балок с распором в условно упругой и пластической стадиях с учетом деформирования податливых опор в упругой стадии, упругопластической и стадии отвердения;

- численным экспериментом установлено влияние величины горизонтальной податливости конструкций на опорах, а также вертикальной податливости опор на прочность и деформативность балочных конструкций с распором при кратковременном динамическом нагружении.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечивается корректным использованием общепринятых положений теории расчета железобетонных конструкций и строительной механики.

Достоверность экспериментальных исследований обеспечивается применением сертифицированных лабораторных приборов и установок; применением современных средств регистрации исследуемых параметров.

Значимость полученных автором результатов для развития отрасли

Разработанный метод, а также полученные в экспериментальных и теоретических исследованиях новые знания о прочности и деформативности железобетонных балочных конструкций с ограничением возможности горизонтального смещения на вертикальных податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении позволяют расширить возможности рационального проектирования конструкций взрывоопасных производств и сооружений гражданской обороны.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Диссертационная работа имеет практическую направленность. Практическая ценность диссертационной работы заключается в разработке динамического метода расчета железобетонных конструкций балочного типа с ограничением горизонтального смещения на вертикальных податливых опорах и получении коэффициентов динамичности, что позволяет выполнять динамический расчет балочных конструкций с распором на податливых опорах на эквивалентные статические нагрузки.

Основные результаты работы могут быть использованы в исследовательских и проектных организациях, занимающихся проблемами гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, в частности, ФГБОУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций» (Федеральный центр науки и высоких технологий), при проектировании защитных сооружений гражданской обороны. Разработанный метод расчета может быть использован в

практической деятельности других проектных институтов РФ, таких как АО «ЦНИИПромзданий», ООО «ЦНИИ-проектирование промышленных и гражданских зданий», ОАО «Гипрошахт» и других.

Результаты исследований, представленные в диссертационной работе Галяутдинова Д.Р., использованы при разработке стандарта организации ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) СТО 8.1-4.7-2022 «Проектирование защитных сооружений гражданской обороны с податливыми опорами в виде сминаемых вставок кольцевого сечения»: разработанный стандарт предназначен для специалистов, осуществляющих проектирование защитных сооружений гражданской обороны. Также результаты исследований используются в научной работе студентов, дипломном проектировании и при чтении спецкурса для специалистов и магистров по направлениям 08.05.01 и 08.04.01 «Строительство» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

По структуре материала, единству помещенных в работе разделов и качеству оформления диссертация соответствует требованиям ВАК и имеет законченный характер.

Основные результаты работы опубликованы в 25 публикациях, в том числе 5 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 5 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах SCOPUS и Web of Science, в 6 патентах на изобретение РФ и ЕАПО, в 6 патентах на полезную модель РФ, а также доложены на международных, всероссийских конференциях и семинарах.

Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации.

По работе имеются следующие замечания:

1. Влияние усилия распора аналогично влиянию усилия обжатия, возникающему при натяжении арматуры на бетон, что действительно приводит к повышению трещиностойкости конструктивного элемента. При проведении испытаний обеспечивалось хорошее соответствие расчетной схеме. Расстояние от уровня приложения усилия распора до центра тяжести сжатой зоны бетона было задано. Усилие, создаваемое домкратами, также было известно. Не ясно, как применить такую схему

для реальных конструкций, когда распределение напряжений, возникающих в условиях стесненного деформирования, не известно, точка приложения равнодействующей также не известна.

2. В качестве податливых опор приняты вставки кольцевого профиля, которые достаточно подробно изучены в более ранних работах. Вызывает сожаление, что в диссертационной работе не представлен анализ характеристик возможных других конструктивных решений податливых опор.

3. Автор предлагает аналитический метод расчета. Утверждается, что он основан на методе Бубнова-Галеркина. В действительности речь идет о представлении системы «опоры-балка» системой с одной степенью свободы. При этом уравнение (3.2.8) не является «уравнением движения балки с распором на податливых опорах». Это уравнение для определения амплитудной функции в представлении перемещений в виде (3.2.5).

Высказанные замечания не носят принципиальный характер и не снижают в целом высокого качества выполненной работы.

Вышеизложенное в настоящем отзыве дает все основания утверждать, что диссертация Галяутдинова Дауда Рашидовича на тему: «Прочность и деформативность железобетонных балок с распором при кратковременном динамическом нагружении на податливых опорах», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. – «Строительные конструкции, здания и сооружения», отвечает критериям, установленным п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.3013г. №842, а ее автор Галяутдинов Дауд Рашидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по заявленной специальности.

Отзыв на диссертацию Галяутдинова Д.Р. рассмотрен и утвержден на заседании кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (СИБСТРИН), протокол № 5 от 06.03.2023г.

Результаты голосования: «ЗА» - 9, «ПРОТИВ» - нет, «ВОЗДЕРЖАЛОСЬ» - нет.

Настоящим даем согласие на автоматизированную обработку персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Профессор кафедры «Железобетонные конструкции», доктор технических наук
ФГБОУ ВО Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (СИБСТРИН)
Научная специальность 2.1.1.

«Строительные конструкции, здания и сооружения»
отрасль наук – технические
телефон: +7-(383)-266-39-60; +7-913-725-93-98
e-mail: adishch@mail.ru

Адищев Владимир Васильевич
07 марта 2023 года

Личную подпись Адищева Владимира Васильевича заверяю:

Начальник общего отдела ФГБОУ ВО НГАСУ

Яковых Нэлля Игоревна
09 марта 2023 года

Сведения об организации:

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (СИБСТРИН)»

Адрес: Россия, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113

Телефон/факс: +7 (383) 266-41-25; +7 (383) 266-40-83

E-mail: rector@sibstrin.ru; jbk@sibstrin.ru

Сайт: www.sibstrin.ru

